

ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE APRENDIZAGEM MATEMÁTICA

Maria Clara Rezende Frota (PUC Minas)

O propósito deste trabalho é estudar as estratégias de aprendizagem matemática, pensadas como função das concepções do aluno sobre o que é aprender matemática, das expectativas do aluno e do conhecimento que ele apresenta sobre as estratégias que desenvolveu, bem como da sua capacidade de monitoramento das mesmas. Através de um conjunto de entrevistas clínicas, acompanhou-se um grupo de alunos, buscando descrever com maiores detalhes as estratégias de aprendizagem matemática que utilizam, procurando-se investigar, em que medida as representações que elaboram sobre o seu método de estudo, se efetivam na prática. Os resultados parciais apresentados, na forma de um estudo de caso, destacam a importância do automonitoramento do processo de aprendizagem por parte dos alunos, sugerindo uma atenção educacional às questões do desenvolvimento metacognitivo dos estudantes.

Introdução

O presente trabalho integra uma pesquisa mais abrangente, sobre estratégias de aprendizagem matemática de alunos de engenharia. Uma das questões diretrizes é investigar o conhecimento que os alunos apresentam sobre as estratégias de aprendizagem que desenvolveram, bem como o grau de monitoramento que exercem sobre as mesmas.

Utilizou-se uma metodologia mista, quantitativa e qualitativa, buscando, por um lado, avaliar as estratégias de aprendizagem matemática mais comuns entre uma população de 529 estudantes de engenharia, por outro lado acompanhar, através de entrevistas clínicas, um grupo restrito de alunos, lidando com situações matemáticas, abordando assuntos do Cálculo Diferencial e Integral.

O estudo de caso aqui relatado é parte de um trabalho de doutoramento e situa-se no campo das investigações sobre desenvolvimento cognitivo, com ênfase nos chamados conhecimentos metacognitivos.

Tais conhecimentos, segundo Flavell (1999), compreendem o conhecimento e as crenças adquiridos através da experiência e armazenados na memória de longo prazo. Não se trata aqui de um conhecimento específico sobre uma determinada área, matemática, ou

música, por exemplo, mas um conhecimento que sintetiza conhecimentos sobre pessoas, tarefas e estratégias.

Para ilustrar o conceito colocado, proponho que se lance mão, por exemplo da seguinte situação: um professor, ao preparar uma aula, ou um curso. Essa tarefa exige do mesmo a concatenação de conhecimentos dos três tipos, acima citados.

O professor lança mão de seu conhecimento sobre pessoas, englobando aqui os conhecimentos sobre si próprio, sobre os alunos com os quais trabalha, sobre a instituição onde trabalha, sobre o que é aprender e como se aprende. A tarefa de preparar uma aula, exige do professor conhecer sobre a natureza da tarefa em si, ou seja, sobre o grau de sua complexidade, em função do tipo de informação a ser veiculado. Ao longo de sua experiência, o professor conjuga os conhecimentos sobre o assunto, incorporando a eles, por exemplo, os conhecimentos sobre os pré-requisitos que o aluno deve apresentar para compreender o tópico abordado, sobre o melhor momento para introduzir o assunto. O conhecimento sobre o conteúdo vem assim agregado de um conhecimento vivido, que reúne informações variadas sobre o perfil dos alunos, as dificuldades da matéria, possíveis obstáculos ao seu entendimento, entre outras. Como decorrência de seus conhecimentos sobre as pessoas e a tarefa em si, o professor prepara a sua aula e define as estratégias para o seu desenvolvimento.

A análise feita permite constatar, a partir das colocações de Artz e Armour-Thomas (1998), que o conhecimento do professor pode ser pensado como um sistema integrado de informações internalizadas sobre o conteúdo, o aluno e a pedagogia.

Conhecer, num sentido metacognitivo, é integrar conhecimentos científicos, empíricos, emocionais, afetivos, entre outros.

Brown (1987) afirma que os estudos em metacognição, podem ser agrupados segundo duas abordagens: estudos acerca do conhecimento sobre cognição e sobre a regulação do processo cognitivo. O estudo de caso aqui relatado adota a segunda abordagem, buscando verificar até que ponto o aluno tem consciência das estratégias que utiliza e, além disso, se é capaz de monitorar seu processo de aprendizagem matemática.

Fazendo uma adaptação do conceito de conhecimento do professor, apresentado por Artz e Armour-Thomas (1998), considero que o conhecimento do aluno pode ser pensado

como um sistema integrado de informações internalizáveis sobre o conteúdo, sobre si próprio e sobre como lidar em situações matemáticas concretas.

Aprendizagem auto-regulada

Para Weinstein e Mayer (1995) aprender pressupõe além de adquirir determinados conhecimentos específicos, poder manejar sua aprendizagem. Esse processo de auto-regulação da aprendizagem integra várias atividades que vão desde a criação de um plano com vistas a alcançar determinada meta, passando pela seleção de estratégias adequadas, revisão sistemática do plano, bem como da própria meta, com redirecionamentos, sempre que necessário.

Piaget utiliza com frequência o conceito de *regulação*, conceito que se modifica ao longo de seus escritos, assumindo uma estreita correlação com os conceitos de *assimilação* e *acomodação*. Piaget descreve a atividade inteligente como um vai-vem entre as atividades de assimilação e acomodação. Diante de uma situação nova, ou seja de uma *perturbação*, o sujeito age sobre os dados, buscando integrá-los às suas estruturas prévias de conhecimento, isso é o que ele chama de *assimilação*. Mas essa assimilação exige por sua vez uma modificação dos esquemas assimiladores e, a essa operação Piaget chama, *acomodação*.

Segundo Montangero e Maurice-Naville (1998), as regulações, de certa forma, harmonizam a assimilação e a acomodação, embora o papel da regulação seja preponderante para assegurar a acomodação, pela possibilidade de melhorar os esquemas. Segundo os mesmos autores, o termo *regulação* em Piaget, traz implícito o sentido de melhoria, de *equilíbrio majorante*.

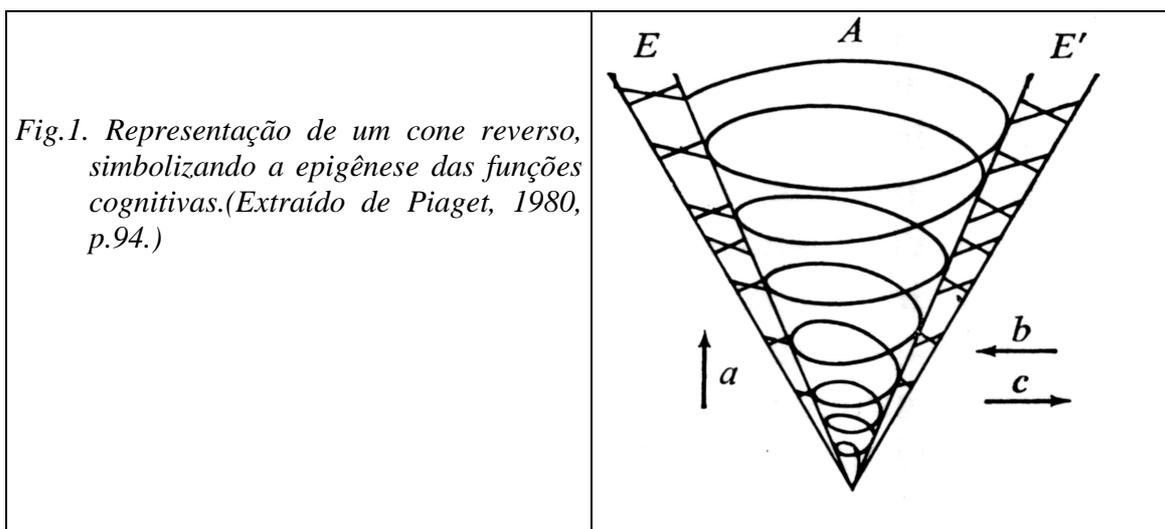
Na teoria de Piaget (1985) o conceito de *equilíbrio* é fundamental. Ele explica o desenvolvimento como uma espécie de equilíbrio progressiva, como a evolução de um estado de equilíbrio menor, para um estado de equilíbrio superior. Piaget refere-se à *equilíbrio majorante*, como um conceito central na explicação do desenvolvimento cognitivo, significando o melhoramento das formas de equilíbrio. Para ele o desenvolvimento do equilíbrio resulta do fato que sistemas mais complexos exigem novas regulações. A idéia de regulações de ordem superior, exige uma categorização

hierarquizada das mesmas: regulações simples, regulações de regulações, auto-regulações, essas últimas podendo possibilitar a auto-organização.

“Segue que uma hierarquia das regulações das regulações levando à auto-regulação e à auto-organização será formada através da extensão dos ciclos iniciais e através da multiplicação de coordenações diferenciadas requerendo um nível mais alto de integração.” (Piaget, 1985, p.140).

Piaget (1995) descreve também o desenvolvimento cognitivo como um crescimento do tipo de abstração alcançada: abstração empírica - abstração reflexionante - abstração refletida. A abstração “empírica” tem por base os observáveis; os objetos são fonte de informações, bem como as próprias ações dos sujeitos sobre suas características. Já a abstração reflexionante tem por base as coordenações das ações dos sujeitos. Esse processo reflexionante pode ser consciente ou não. Quando ele se dá de modo consciente, temos o que Piaget chama de abstração “refletida”. Na explicação piagetiana, a abstração “refletida” pressupõe a auto-regulação do processo de aprendizagem.

Para Piaget (1980) o desenvolvimento cognitivo pode ser representado por uma espécie de espiral crescente, uma hélice construída dentro de um cone reverso. A cada momento (t) a espiral da cognição $f(t)$ evolui, em decorrência de um movimento vertical, endógeno, no sentido de baixo para cima, indicado na Fig1. por $\uparrow a$, causado pelas abstrações reflexionantes e de um movimento horizontal de duplo sentido, indicado por \underline{b} , que gera um trânsito do exógeno, ditado pelas abstrações empíricas, para o endógeno e um outro movimento no sentido inverso, do exógeno para o âmbito das abstrações reflexionantes, indicado por \underline{c} .



Embora Piaget não tenha, ao longo de sua obra, trabalhado de maneira explícita a questão do desenvolvimento metacognitivo, é possível uma leitura de sua teoria à luz do construto metacognição. A *abstração refletida*, soma as atividades de refletir, no sentido de projetar num nível superior, alguma coisa construída, primeiramente em um nível inferior e de fazer reflexões conscientes, no sentido de reconstruir e reorganizar o que foi transferido. A progressividade dos estados de equilíbrio, bem como das regulações, levam à equilibração majorante e à auto-regulação, que podem ser identificadas com a abstração refletida, conduzindo ao automonitoramento do processo cognitivo. Nesse sentido, pode-se dizer que Piaget antecipa temáticas que integram, hoje em dia, o campo das investigações em metacognição.

Segundo Dubinsky (1991), Piaget considerava que a abstração reflexiva, na sua forma mais avançada, conduz a um tipo de pensar matemático, em que forma ou processo é separado do conteúdo e esses processos são convertidos, na mente do matemático, em novos objetos de conteúdo. Embora Piaget acreditasse na importância da abstração reflexionante para a matemática avançada, seu trabalho enfocou essa questão do ponto de vista do desenvolvimento da lógica de pensamento da criança.

Dubinsky (1991) considera que o conceito de abstração reflexiva pode oferecer uma base teórica para compreender o que é o pensamento matemático avançado e de como podemos ajudar os estudantes a desenvolver a habilidade de empenhar-se nele. Ele traça as bases do que chama uma teoria do desenvolvimento de conceitos em matemática avançada, isolando os aspectos essenciais da abstração reflexiva, refletindo sobre seu papel na

matemática superior e reorganizando ou reconstruindo esses aspectos, no sentido de formar uma teoria coerente do conhecimento matemático e de sua construção. Seu recorte é epistemológico, pois à luz de sua teoria, têm especial interesse os esquemas que os estudantes constroem para entender os conceitos. Seus estudos o conduziram a pesquisas didático-pedagógicas: abordagens de ensino voltadas para induzir os estudantes ao desenvolvimento do pensar matemático avançado (Dubinsky e Tall, 1991).

O presente trabalho, que também se situa no campo de estudos do pensamento matemático de alunos cursando a universidade, tem sua ênfase nas estratégias de aprendizagem matemática empregadas por esses alunos, buscando analisá-las como decorrentes também de aspectos afetivos e emocionais, especificamente as motivações desse aluno e suas grandes metas.

Dubinsky (1991) em seus estudos, preocupou-se com a motivação do aluno para construir estruturas cognitivas, mas seu interesse era correlacionar motivação do aluno e abordagem metodológica do professor na sala de aula. O autor afirma que se a meta a ser atingida é apresentada e defendida pelo professor de modo tradicional, sua obtenção é condicionada à imitação e memorização, o que não levaria à construção de estruturas cognitivas. A motivação para o desenvolvimento do pensamento matemático depende de um processo inicial de entendimento de conceitos e de construções gradativas e conscientes por parte do aluno. Assim, para o autor, as práticas de ensino tradicionais mostram-se ineficazes como elementos propulsores do desenvolvimento de estruturas cognitivas matemáticas.

Na presente pesquisa, a motivação do aluno para a aprendizagem é abordada dentro da teoria da motivação, conhecida como “*expectativa x valor*”. Nela, procura-se explicar a motivação acadêmica, por um lado, a partir das expectativas de desempenho que o aluno tem, em face de uma auto-avaliação que faz de suas capacidades, ou seja da consciência de sua auto-eficácia e por outro lado, da importância ou valor que o aluno atribui à tarefa, ou seja o valor da meta.

A definição por essa abordagem, é fundamentada, por exemplo pelos estudos de Volet (1997). O autor pesquisa a diferença entre o direcionamento e o esforço, dois aspectos significativos das metas de aprendizagem de alunos universitários, que podem ser

considerados como dimensões complementares da auto-regulação da aprendizagem. Seu estudo integra três linhas de pesquisa, relacionadas à aprendizagem auto-regulada: uma que enfatiza o papel dos aspectos afetivos e motivacionais, uma que se apóia no controle das ações e outra nas diferenças qualitativas entre os estudantes, quanto aos objetivos de aprendizagem. A complexidade do processo de aprendizagem parece envolver uma interação entre as variáveis: valor que os estudantes atribuem ao estudo, percepção das diretrizes das tarefas e competências voluntariamente acionadas no direcionamento do estudo e comprometimento e desempenho em diversos tipos de tarefas acadêmicas.

Pintrich (1999) pesquisou o efeito de diferentes crenças relativas a aspectos motivacionais, para promover, sustentar ou facilitar a aprendizagem auto-regulada. Seu modelo de estudo leva em conta três tipos de motivação, que podem ser relevantes na aprendizagem: crenças relativas à auto-eficácia, crenças relativas ao valor da tarefa e metas pretendidas. Percebe-se uma convergência de abordagem com o trabalho de Volet (1997).

Igualmente importantes, como fundamentação teórica para o recorte adotado, são as pesquisas desenvolvidas por Crawford, Gordon, Nicholas e Prosser (1994) bem como por Tall (1991), que vêm pesquisando as estratégias de aprendizagem na educação superior, especificamente no campo da Educação Matemática.

O estudo de caso

Gustavo é um aluno de engenharia, cuja opção pelo curso fundamenta-se, a princípio, numa história familiar: pai e mãe engenheiros.

Seu gosto pela matemática remonta aos tempos de criança.

“Meu pai é engenheiro, minha mãe é engenheira e quando eu era pequeno gostava de ficar fuçando nos livros de engenharia dele, de matemática e tal...Na 4ª série eu já tinha um laboratório de química, de eletrônica...Meu pai construiu... lá...tinha uns tubos de ensaio...sempre me interessei por essa área de exatas.”

“(Matemática)... é a que eu mais gosto e depois que eu entrei na faculdade comecei a gostar muito de matemática, muito mesmo e espero poder fazer matemática ou então matemática computacional”.

Quando participou da pesquisa, cursava a última das disciplinas que integram a matéria Cálculo Diferencial e Integral. Suas expectativas em relação à disciplina giravam em torno dos conteúdos que seriam abordados, entre eles Séries e Transformadas de Fourier, conteúdos que já se faziam necessários em seu trabalho de iniciação científica.

Assim, sua procura pela matemática é independente das disciplinas do curso:

“Bem, no meu caso, eu já gosto particularmente de matemática. No 1º período eu comecei a estudar a parte de estruturas algébricas e depois, nas férias eu comecei a estudar um pouco de teoria dos números, cheguei a fazer a construção axiomática dos números naturais, ia chegar até os complexos, mas só que aí não tinha tempo... Talvez eu tenha tempo de estudar isso...”

Sua procura pela matemática é motivada pela pesquisa.

“Aplicar... na minha pesquisa ... em pesquisa, por exemplo eu sei que tem aplicação boa... eu sei que engenharia, tudo que a gente aprende assim tem uma aplicação boa e eu acho assim que o cara que é bom engenheiro, que quer desenvolver coisas novas, ele tem que ter uma base matemática muito boa, eu sei que isso é importante.”

Se, por um lado, sua motivação para a aprendizagem é determinada por fatores externos como a ambiência familiar, por outro é fortemente ditada por condições internas.

Essa motivação intrínseca transforma-se em um fator preponderante na definição do aluno como um estudante autônomo.

Suas colocações sobre o que é aprender matemática evidenciam que suas estratégias de aprendizagem decorrem de uma meta de aprendizagem com um enfoque na teoria.

“Pra mim, aprender matemática é aprender os conceitos bem, aprender os teoremas bem, se possível saber as demonstrações e aplicação... às vezes os alunos não se sentem motivados a estudar porque não sabem onde pode ser aplicado, acham uma coisa meio impossível... pra que eu estou estudando isso...”

É isso principalmente. Saber bem os conceitos, saber os teoremas, saber um pouco da aplicação.”

Essa concepção é enfatizada pelo aluno:

“Eu sei quando eu aprendi... quando eu sei fazer um exercício mais conceitual, mais teórico, eu sei que aprendi o fundamento da coisa... exercício de aplicação, nem tanto, porque às vezes você acaba decorando o método, tal, a fórmula, não sei o que... Então, eu acho que se você souber um exercício teórico assim, no meu caso eu acho, quando eu sei fazer um exercício teórico, quando eu sei fazer uma aplicação, sei demonstrar alguma coisa é porque eu estou sabendo, é porque eu aprendi a coisa.”

A partir das categorias de abordagens para aprender matemática, estabelecidas por Crawford, Gordon, Nicholas e Prosser (1994), pode-se enquadrar o aluno no nível assim descrito pelos autores: “aprender com a intenção de obter um entendimento relacional da teoria, buscando situações onde a teoria pode ser aplicada.”

Gustavo é capaz de explicitar com objetividade o seu método de estudo, método que ele começou a desenvolver a partir de seu ingresso na universidade.

“Sempre que possível eu faço assim, estudo teoremas, as demonstrações eu tento fazer antes de olhar, quando tenho tempo e depois eu pego um exercício bem difícil e tento fazer”.

Através dessa fala percebe-se que o aluno apresenta também as características agrupadas por Crawford et al. (1994) na categoria de abordagem da aprendizagem matemática: “aprender fazendo problemas difíceis com a intenção de obter um entendimento relacional de toda a teoria e olhando as conexões com conhecimentos existentes.”

Para Gustavo é difícil, a princípio, explicar o que entende por matemática. Para ele a essência da matemática está em estabelecer uma rede de relações entre os conceitos e resultados.

“Eu vejo ela dessa forma... um conjunto de axiomas que você constrói relações entre eles, propriedades, e vai construindo toda uma ciência ao longo disso e você pode trabalhar com as situações do mundo, abstrair coisas do mundo axiomatizar algumas coisas, gerar algumas propriedades e gerar um monte de teoremas.”

A sua concepção de matemática, segundo Crawford e colaboradores, insere-se na categoria: “matemática é um sistema lógico complexo que pode ser usado para resolver problemas complexos e promover “insights” usados para entender o mundo.”

Conversando sobre o papel da intuição, Gustavo assim se expressa:

“Bom eu acho que a intuição é mais como um pontapé inicial, né, pra você começar a desenvolver alguma coisa, condição pra detectar algum tipo de erro, em alguma teoria, alguma coisa assim, por exemplo, programa de computador, tal... eu vejo a intuição mais nesse sentido, como...você usa a intuição, através da intuição você percebe alguma coisa, aí usando matemática acaba desenvolvendo todo o resto, matemática ou...o que for.”

Questionado sobre a relação método de estudo e desempenho, percebe-se que o primeiro objetivo do aluno não é obter uma boa nota e, mais uma vez, deixa transparecer sua postura de autonomia.

“Eu aprendo mais deste jeito, não que as notas das minhas provas sejam boas por causa disto, porque nem sempre é assim. No 1º período foi, no 2º foi, mas no 3º não foi... Mas eu aprendo bem mais assim mesmo, com certeza eu aprendo muito mais deste jeito.”

Todas essas considerações do aluno poderiam, entretanto, situar-se apenas no nível do discurso. Sem entrar no mérito das teorias psicológicas que estudam as representações que uma pessoa constrói sobre si próprio, procurou-se analisar o aluno em situações concretas, buscando, de certa forma contrastar as suas representações e o seu comportamento na prática.

O aluno participou de um conjunto de entrevistas clínicas com esse objetivo. Uma das atividades propostas consistiu na leitura de um exemplo resolvido de um tópico matemático apresentado no texto didático. Foi pedido ao aluno que selecionasse um assunto para a discussão. A escolha do aluno recaiu sobre o tópico Série de Fourier, conteúdo já estudado no curso e o exercício foi o seguinte:

Encontre a Série de Fourier da função de onda quadrada, de período 2π , definida por:

$$f(t) = \begin{cases} -1, & \text{se } -\pi < t < 0 \\ 1, & \text{se } 0 < t < \pi \\ 0, & \text{se } t = -\pi, 0, \text{ ou } \pi \end{cases}$$

Usando a técnica de "pensar alto", o aluno deveria relatar todas as idéias que tivesse, à medida que fosse acompanhando o exercício resolvido no livro.

O que mais chamou atenção no processo, foi que o aluno não se preocupava com o desenvolvimento do exemplo em si; fazia, a princípio uma leitura rápida, demandando de minha parte algumas intervenções, no sentido de que ele explicitasse as idéias que lhe vinham à mente. Sua atenção estava voltada para o gráfico apresentado no livro, onde eram apresentadas algumas somas parciais da série de Fourier de $f(t)$.

O aluno observou o gráfico fazendo alguma discussão sobre a convergência da série e algumas especulações sobre assuntos ainda não trabalhados.

“Outra coisa que me veio à mente foi a possibilidade de relacionar o erro de uma série truncada com a amplitude dos harmônicos...”

“...eu fico imaginando... a história, por exemplo, da derivação como é que fica...a derivação dos termos, a convergência da derivada...se a derivada da série...”

Pode-se perceber que o aluno se permite indagações sobre o novo e essa liberdade que ele se autoconcede, talvez seja um elemento propulsor fundamental, na determinação da auto-regulação de seu processo de aprender matemática.

Entretanto, foi durante uma segunda atividade, desenvolvida a partir de uma lista de exercícios, que o aluno revelou realmente exercer o automonitoramento consciente de seu processo de aprendizagem. Um conjunto de fichas, cada uma contendo um exercício, foi apresentado ao aluno, que deveria, num primeiro momento agrupar os exercícios em subgrupos, segundo critérios por ele estabelecidos e num segundo momento resolvê-los.

Para facilitar a referência a um exercício específico, para fins de análise das escolhas e procedimentos do aluno, listamos os exercícios, nomeando-os por letras (Quadro 1).

O aluno divide os exercícios em dois blocos, de acordo com o conteúdo envolvido: integração complexa ou transformadas de Fourier. Do primeiro bloco, num relance, sem titubear, escolhe o exercício b, do Quadro 1, a seguir.

É importante ressaltar que o exercício versa sobre um conteúdo que estava sendo trabalhado em sala e, portanto, o aluno não havia, ainda, tido tempo suficiente, para assimilar os novos conceitos.

Quadro 1

- a) $\int_C \frac{3z^2 + 1}{z^3 + 4z} dz$ C - circunferência $(x-1)^2 + (y-1)^2 = 1$, percorrida no sentido direto.
- b) É possível afirmar que $\int_C \frac{z}{(z-i)^3} dz = 0$ para qualquer caminho fechado simples C percorrido no sentido direto?
- c) $\int_0^{2\pi i} \cos z dz$
- d) $\int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$ para $f(t) = e^{-a|t|}$
- e) Se $F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$, calcular $\int_{-\infty}^{\infty} f(t-t_0) e^{-i\omega t} dt$

Gustavo sabe que tem de analisar a questão sob dois ângulos: quando a curva dada não encerra o ponto que anula o denominador e em caso contrário. Facilmente decide pelo resultado zero, na primeira situação. O trabalho com a segunda possibilidade é totalmente novo, pois na realidade o teorema necessário à resolução nesse caso, ainda não foi trabalhado em sala, demandando a consulta ao livro texto. Gustavo folheia o texto, identificando o teorema necessário para responder ao desafio.

A escolha reafirma a sua meta de um estudo a partir de um enfoque teórico. O aluno praticamente excluiu os exercícios padrão, comentando rapidamente sobre eles, talvez apenas para dar uma satisfação e concordando com risos, quando a pesquisadora comenta que eles não têm graça, por serem padrão.

A novidade atua como elemento desafiador, induzindo o aluno a selecionar entre o arsenal de estratégias metacognitivas que desenvolveu, as mais adequadas à consecução da tarefa.

As questões envolvendo Transformada de Fourier eram novidades, uma vez que o assunto não havia ainda sido estudado no curso. Impressionou-me a desenvoltura do aluno ao resolver os dois exercícios, principalmente o último, que na realidade solicitava a

demonstração de uma propriedade. Mais uma vez o aluno age com a garra de quem definiu um objetivo de aprendizagem mais teórico.

No decorrer das entrevistas, Gustavo parece ter internalizado as informações sobre o conteúdo, sobre si próprio e sobre como lidar em situações matemáticas concretas, podendo-se especular que opera no sistema complexo de seus conhecimentos, com alto nível de conscientização.

Gustavo parece ter desenvolvido estratégias metacognitivas variadas: utiliza técnicas próprias para memorizar e relembrar conteúdos, é capaz de fazer analogias, estabelecer relações entre conceitos, ordenar, hierarquizar estruturas, construindo novos esquemas que acomodam e ampliam esquemas anteriores. E no momento em que disponibiliza um determinado conjunto de estratégias com vistas a resolver um problema, o faz com controle, lidando com os erros, redirecionando procedimentos e metas, parecendo demonstrar um controle sobre o seu complexo processo de aprendizagem.

Seu trabalho com a matemática permite inferir que é capaz de abstrair com reflexão. As conclusões que elabora decorrem não apenas dos observáveis, mas das coordenações que exerce sobre suas ações. A consciência que tem da tarefa, possíveis obstáculos e os redirecionamentos que realiza, o definem como um aluno cujo pensamento matemático é avançado, entendendo-se esse avançado no sentido de Dubinsky (1991), como decorrente da abstração reflexionante e mais ainda refletida, segundo Piaget (1995).

O caso estudado parece reafirmar as conclusões de Pintrich (1999) sobre a influência dos fatores auto-eficácia, valor atribuído à tarefa e metas diretrizes, visando a uma aprendizagem sobre a qual o aluno exerce controle. Para alunos que acreditam que podem aprender e são confiantes em suas habilidades, que acreditam na importância dos trabalhos que desenvolvem e cujas metas são definidas por eles próprios, não se restringindo a objetivos externos ditados pela instituição ou a sociedade, o uso de estratégias de auto-regulação acontece de maneira mais natural.

As motivações intrínsecas, decorrentes das expectativas de se tornar um pesquisador e do valor atribuído às questões matemáticas, na medida em que exigem sínteses teóricas integradoras, fazem do aluno Gustavo, um caso típico, quanto à aprendizagem em ação, cuja complexidade e riqueza seria difícil explicitar de modo completo.

Considerações finais

De modo geral, discussões sobre como o aluno aprende, não integram o conjunto de reflexões incentivadas entre os professores. As colocações expressam quase sempre sentimentos, crenças e não decorrem de um estudo sistematizado sobre o assunto.

Entretanto, uma série de pesquisas tem tido o seu foco no estudo das estratégias de aprendizagem. Marton e Booth (1997) detectam dois grandes grupos de estudantes: os que consideram a *aprendizagem como reprodução* e os que a vêem como *aprendizagem transformadora*. Fazem parte do primeiro grupo alunos para os quais a aprendizagem se reduz a acumular, memorizar e reproduzir a informação. Integram o segundo grupo, aqueles, cujo interesse na aprendizagem, ultrapassa as tarefas localmente impostas, vislumbrando o mundo que elas abrem a seus olhos.

Pode-se enquadrar o aluno Gustavo na segunda categoria. Tanto na sua fala sobre o seu método de estudo, como sobre sua concepção de aprendizagem, bem como através do espectro de motivações que o impulsiona, percebe-se alguém, cujo nível de questionamentos, a partir de uma situação matemática proposta, transcende as fronteiras que possam ter sido delineadas quanto aos objetivos da tarefa, por exemplo pelo professor.

O caso estudado parece não apontar evidências de influências do professor no processo de aprendizagem do aluno, quer se refiram ao tipo de estratégias a ser empregado na realização de uma tarefa, quer digam respeito a metas pretendidas, por exemplo de desempenho acadêmico.

Uma questão que se levanta é a seguinte: numa sala de aula de 50 a 60 alunos, média do curso que frequenta, o aluno Gustavo seria notado pelo professor, ou seria enquadrado no nível dos alunos medianos, que não se destacam, nem por apresentar um desempenho insuficiente, nem pelo fato do desempenho ser digno de destaque, classificação, tomada aqui, no sentido restrito da nota obtida?

A aprendizagem exige auto-aprendizagem e para isso, a capacidade de auto-organização, de gerir seu próprio desenvolvimento cognitivo, da seleção dos conteúdos, à definição das próprias estratégias, com vistas ao objetivo pretendido.

Como é interpretada pelo professor, essa autonomia do aluno, no contexto do modelo de escola que praticamos? É uma meta do professor que seus alunos atinjam o nível de autonomia de gerenciamento da aprendizagem, que o aluno Gustavo parece ter alcançado?

Nesse caso, é possível ao professor incentivar e desenvolver mecanismos que levem os alunos a desenvolverem estratégias mais profundas de aprendizagem, incorporando a concepção da aprendizagem como um processo que, não apenas pode reproduzir, mas que principalmente é capaz de transformar?

O caso estudado parece conduzir a um certo tipo de inferência: a motivação para aprendizagem não pode ser impulsionada apenas por fatores extrínsecos, como o ambiente familiar, a escola, o professor, ou o sistema de avaliação. O desenvolvimento cognitivo do aluno, com vistas à auto-regulação de seu processo de aprendizagem parece exigir uma evolução da necessidade de reforço positivo externo para um nível de auto-reforçamento, que possibilite uma motivação para aprender, fundada em fatores intrínsecos. A questão está em aberto e integra o universo de meus interesses de pesquisa.

Referências Bibliográficas

- ARTZT, A. F., ARMOUR-THOMAS, and E. Mathematics teaching as problem solving: A framework for studying teacher met cognition underlying instructional practice in mathematics. *Instructional Science*, v. 26, n.1-2, p.5-25, 1998.
- BROWN, A. Met cognition, Executive Control, Self-Regulation, and Other More Mysterious Mechanisms. In: WEINERT, F.E. e KLUWE R. H. (eds.) *Metacognition, Motivation and Understanding*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1987, p.65-116.
- CRAWFORD, K., GORDON, S., NICHOLAS, J. & PROSSER, M. Conceptions of Mathematics and how it is learned: the perspectives of students entering university. *Learning and Instruction*, v.4, p.331-345, 1994.
- DUBINSKY, E. Reflective Abstraction in Advanced Mathematical Thinking. In: TALL, D. (Ed). *Advanced Mathematical Thinking*. Netherlands: Kluwer, 1991. p.95-123.

- DUBINSKY, E., TALL, D. Advanced Mathematical Thinking and the Computer. In: TALL, D. (Ed). *Advanced Mathematical Thinking*. Netherlands: Kluwer, 1991. p.231-243.
- FLAVELL J. H., MILLER P. H., MILLER S. A. *Desenvolvimento cognitivo*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999, 341 p.
- MARTON, F., BOOTH S. *Learning and awareness*. Mahwah, New Jersey:, Lawrence Erlbaum Associates, 1997. 224p.
- MONTANGERO, J. E MAURICE-NAVILLE, D. *Piaget ou a Inteligência em Evolução*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 242 p.
- PIAGET, J. *Adaptation and Intelligence: Organic Selection and Phenocopy*. Paris: Hermann, 1980. 124 p.
- PIAGET, J. *The Equilibration of Cognitive Structures*. Chicago: University of Chicago, 1985. 160 p.
- PIAGET, J. *Abstração Reflexionante*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. 292 p.
- PINTRICH, P.R. The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, n. 31, p.459-470, 1999.
- TALL, D. (Ed). *Advanced Mathematical Thinking*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. 289 p.
- VOLET, S. E. Cognitive and Affective Variables in Academic Learning: The Significance of Direction and Effort in Students Goals. *Learning and Instruction*, v.7, n.3, p.235-254, 1997.
- WENSTEIN, C. E., MAYER, R.E. Learning Strategies: Teaching and Assessing. In: ANDERSON, L.W. (Ed). *International Encyclopedia of Teaching and Teachers Education*. 2.ed.Oxford: Elsevier Science, 1995. p.471-476.